



TITLE:

磁壁の電界制御に関する研究(Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

柿塚, 悠

CITATION:

柿塚, 悠. 磁壁の電界制御に関する研究. 京都大学, 2017, 博士(理学)

ISSUE DATE:

2017-03-23

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k20193>

RIGHT:

学位規則第9条第2項により要約公開

(続紙 1)

京都大学	博 士（理 学）	氏名	柿 塚 悠
論文題目	磁壁の電界制御に関する研究		
(論文内容の要旨)			
<p>強磁性体中に存在する磁壁の電界制御について行われたものである。着目する物質／誘電体／ゲート電極のキャパシタ構造を用いて物質に電界を印加することによって電子密度が変化し、その物性が変化する現象を電界効果と呼ぶ。本論文では着目する物質として Co 超薄膜を用い、強磁性体中に存在する磁壁の電界制御について研究を行った。</p> <p>本論文の1つ目の研究課題は「電界誘起磁壁移動による局所磁化反転」である。本研究は電界効果によって磁壁移動を誘起し、局所的な磁化反転を実現することを目的として行われた。多磁区構造にある Co 超薄膜に対して電界を印加したところ、Co 層中の電子密度が増大するときに磁区幅が増大した。反磁場による静磁エネルギーと磁壁エネルギーの競合から強磁性体の磁区幅が決定されるが、本実験において見られた電界による磁区幅の変化には、磁壁エネルギーの変化が支配的に寄与していることがわかった。試料細線端部では、Co 層中の電子密度が減少するときには磁区が生成し、電子密度が増大するときには磁壁移動を伴って磁区が収縮・消滅する振る舞いが見られた。この磁区の生成消滅は可逆的であり、電界のみによる局所的な磁化反転が実現されたといえる。</p> <p>2つ目の研究課題は「電界による磁区幅変調」である。本研究は電界による磁区幅の変化を定量的に評価し、交換スティフネス定数の電界依存性を実験的に評価することを目的として行われた。その結果、Co 層中の電子密度が増大すると、交換スティフネス定数が増大し、キュリー温度が高くなることがわかった。本結果は、キュリー温度の電界変調は交換相互作用定数の変化に起因するという理論計算を実験的に支持するものであった。</p> <p>3つ目の研究課題は「傾斜電界印加下での磁壁移動」である。1つ目と2つ目の研究課題の結果から磁壁エネルギーを電界によって制御できることが明らかとなった。したがって、空間的に傾斜の付いた電界を試料に印加すれば、磁壁エネルギーにも空間的に勾配ができるため、無磁場・無電流でより磁壁エネルギーの低くなる方向へ磁壁を移動できると期待される。そこで、キャパシタ構造のゲート電極の面内方向に電圧を印加し、ゲート電極中の電位降下を利用して細線の長手方向に対して勾配のついた電界を印加した。そして、一定磁場の下で磁壁移動を観察した結果、磁壁移動速度が位置に依存する振る舞いが見られた。この磁壁移動速度の位置依存性から磁壁エネルギーが位置に依存していると考えられるが、無磁場においては磁壁エネルギーの勾配に由来した磁壁移動は見られなかった。磁壁移動速度の磁場依存性から磁壁エネルギーの勾配に起因した有効磁場を見積もったが、本系においては磁壁移動を誘起するには小さすぎることを示された。</p>			

(論文審査の結果の要旨)

本論文は「電界誘起磁壁移動による局所磁化反転」、「電界による磁区幅変調」、「傾斜電界印加下での磁壁移動」の3つの内容で構成されている。

「電界誘起磁壁移動による局所磁化反転」では、磁気光学Kerr効果顕微鏡を用いて多磁区状態にあるCo超薄膜の磁区構造を電界の印加下において観察した。その結果、Co層中の電子密度が増大するとき、磁壁エネルギーの変調が支配的に寄与し、磁区幅が増大することが示された。さらに、試料端部において電界の印加のみによって局所的な磁化反転が可逆的に実現された。本実験結果は低消費電力スピントロニクスデバイスにおける新たな磁壁駆動の手法を示したという点で大きな意義をもつ。

「電界による磁区幅変調」では、電界による多磁区構造の磁区幅の変調を定量的に評価し、交換スティフネス定数の電界変調を調査した。その結果、磁区幅・磁気異方性定数・飽和磁化がCo層の電子密度が大きくなるときにそれぞれ増大することが明らかとなった。これらの物理量と磁区幅から交換スティフネス定数の電界依存性を計算したところ、電界により交換スティフネス定数が約50%変化することがわかった。また、Co層中の電子密度が増大すると、交換スティフネス定数が増大し、キュリー温度が高くなることがわかった。本実験と同様のPt/Co/MgO系において観察されていたキュリー温度の電界変調は、交換定数の変化に起因しているという理論計算が近年報告されていたが、本実験結果はその理論計算を実験的に支持するものとなった。実験的に交換スティフネス定数の電界変調を評価できたことはスピントロニクス分野における磁性制御に新たな視点を与えるものと考えられる。

「傾斜電界印加下での磁壁移動」では、細線の長手方向に対して傾斜の付いた電界を印加しながら、細線中の磁壁移動を観察した。その結果、傾斜電界および一定磁場の下では磁壁移動速度が位置に依存する振る舞いが見られた。本実験の測定範囲内では磁壁移動速度が磁壁エネルギーの関数として表されるため、磁壁速度の位置依存性から磁壁エネルギーが位置に依存していると考えられる。この場合、磁壁はよりエネルギーの低い方へと移動すると予想されるが、無磁場においては傾斜電界にみよる磁壁移動は観察されなかった。傾斜電界印加下における磁壁移動速度の磁場依存性から、磁壁エネルギーの勾配に起因した有効磁場を見積もった結果、磁壁を駆動できるほど大きな有効磁場が生じていないことが明らかとなった。以上の結果から磁壁エネルギーにより大きな勾配を持たせられれば、電界のみよる磁壁移動が可能となり、磁壁移動を利用したデバイスの省電力化につながることを期待できる。

よって、本論文は博士(理学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成29年1月18日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。

要旨公表可能日： 年 月 日以降